

**РОЗРОБКА АВТОМАТИЧНОГО ПЕРЕМИКАЧА ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ**

*В роботі запропоновано розробку конструкції автоматичного джерела живлення, що дозволяє об'єднати альтернативні енергосистеми та електромережу загального користування в єдину автоматизовану систему. Дана конструкція виконує автоматичне перемикання між декількома джерелами, забезпечуючи надійність та безперебійність електропостачання.*

*Ключеві слова: джерело живлення, альтернативні енергосистеми, автоматичний перемикач.*

D.V. PRYBENA, S.Y. KORSUN, S.V. SMUTKO, T.D. PRYBENA  
Khmelnytsky National University

**DEVELOPMENT OF AUTOMATIC POWER SUPPLY SWITCH**

*Based on the analysis of alternative power plants that provide multiple diverse sources of electricity, decision was made about the need to develop designs automatically switch power supply. Due to technical Requirements for the construction of automatic switch power supply, developed its block diagram. For this construction developed electrical scheme and the control-a scheme connection the block of relay and power supplies, developed the topology board. To ensure consistent behaviour of all system elements automatic switch power source designed the software of the microcontroller. Reliability and uninterrupted supply of electricity with the help of the proposed device is confirmed by his work in the booth for an alternative energy supply system of the Department of machines and apparatus of Khmelnytskyi National University.*

*Key words: power source, alternative power system, auto switch.*

**Вступ**

В сучасному світі зростаючі потреби людства в енергії забезпечуються, як правило, за рахунок невідновлюваних джерел енергії. В якості головних енергоносіїв виступають нафта, газ і вугілля. Запаси вказаних видів палива стрімко скорочуються, а їх використання призводить до забруднення довкілля. Виходом з даної ситуації є перехід до альтернативних джерел енергії, які є відновлюваними та екологічно чистими. До найбільш ефективних, на сьогоднішній день, альтернативних джерел відносять: енергію сонця та вітру, гідроенергію, природну теплову енергію, енергію з біомаси.

Використання відновлюваних джерел енергії має істотні особливості, які пов'язані з нерівномірним географічним розподілом, непостійністю в часі, малою питомою концентрацією енергетичних ресурсів [1–3]. Тому виникає необхідність використання кількох різноманітних джерел електричної енергії, систем акумулявання та резервного електроживлення [4]. Враховуючи широку різноманітність обладнання установок відновлюваної енергетики (вітрогенератори, фотоелектричні батареї, акумулятори тощо), можна розробити безліч енергетичних систем різноманітних за комбінацією джерел енергії.

В [5] наведено декілька популярних схем роботи альтернативних енергосистем із споживачем. Це можуть бути наступні варіанти: живлення тільки від альтернативної енергосистеми; підключення альтернативної енергосистеми на роботу паралельно з мережею, коли мережа загального користування виступає в якості додатково-резервного джерела живлення; підключення альтернативної енергосистеми на роботу паралельно з загальною мережею без акумуляторних батарей.

Незалежно від виду енергії всі альтернативні системи містять в своєму складі контролери, інвертори напруги та акумуляторні батареї (АКБ) [6]. Так як альтернативні електростанції передбачають використання кількох різноманітних джерел електричної енергії, систем акумулявання та резервного електроживлення, то до їх складу обов'язково повинні входити пристрої автоматичного перемикання між джерелами живлення. Дані пристрої забезпечують надійність та безперебійність електропостачання.

Аналіз відомих конструкцій пристроїв автоматичного перемикання між джерелами живлення показав [6-8], що готові рішення мають ряд недоліків: системи розраховані на потужні станції, в них відсутні вбудовані системи захисту по перевантаженню, висока вартість.

Тому розробка автоматичного перемикача джерела живлення та супутнього програмного забезпечення є актуальним завданням.

**Основна частина**

В техніці пристрої автоматичного перемикання між джерелами живлення відомі як пристрої автоматичного включення резерву (АВР). АВР призначені для швидкого автоматичного включення резервного джерела живлення до споживача в тих випадках, коли має місце відмова основного джерела електроживлення [9, 10]. Вони дозволяють об'єднати альтернативні енергосистеми та електромережу загального користування, в єдину автоматизовану систему.

АВР виконує автоматичне миттєве перемикання між декількома джерелами електроживлення при зникненні основного джерела та не дозволяє жити об'єкт одночасно від двох різних джерел живлення. АВР завжди повинен спрацьовувати миттєво, у разі зникнення напруги на шинах споживачів, незалежно від причини. У випадку роботи схеми дугового захисту АВР може бути блокований, щоб зменшити пошкодження від короткого замикання. У деяких випадках потрібна штучна затримка перемикання АВР, наприклад, при запуску потужних двигунів на боці споживача, схема АВР повинна ігнорувати падіння

напруги.

На основі аналізу функціонального призначення відомих конструкцій АВР сформульовано технічні вимоги до конструкції автоматичного перемикача джерела живлення [11]:

1) Забезпечити програмний вибір пріоритету роботи системи від загальної мережі або від АКБ альтернативної мережі.

2) Забезпечити автоматичне миттєве перемикання на АКБ у разі знеструмлення споживачів з боку загальної електромережі. При усуненні несправності з боку електромережі система перемикається в початковий стан через заданий проміжок часу в інтервалі від 10 до 20 с, що встановлюється програмно користувачем.

3) Забезпечити (можна передбачити) автоматичне перемикання на АКБ у випадку зниження напруги загальної електромережі менше 170 В (межа задається програмно) система. При відновленні напруги до рівня 185 В перемикається назад на загальну мережу через заданий проміжок часу в інтервалі від 10 до 20 сек, що встановлюється програмно користувачем.

4) З метою збільшення терміну експлуатації АКБ забезпечити миттєве перемикання на загальну електромережу у випадку різкого зниження рівня заряду акумуляторів. Якщо напруга АКБ зменшилась до рівня менше 20-23 В (задається для 24 В АКБ) або від 10 до 11 В (для 12 В АКБ) система перемикається на загальну мережу миттєво. При зарядженні акумулятора до 24-30 В (12-14 В для 12 В АКБ) система перемикається на АКБ через заданий проміжок часу в інтервалі від 10 до 20 с, що встановлюється програмно користувачем.

5) Передбачити програмні налаштування автоматичного переключення між мережами в залежності від потужності системи альтернативного живлення. Якщо потужність споживачів при роботі від АКБ перевищує межу від 0,5 до 5 кВт (задається програмно) – система автоматично перемикається на мережу. Зворотне переключення відбувається при зменшенні споживання у вказаній межі через заданий проміжок часу в інтервалі від 10 до 20 с, що встановлюється програмно користувачем.

Враховуючи вище сформульовані вимоги, розроблено структурну схему автоматичного перемикача джерела живлення, що наведена на рис. 1.

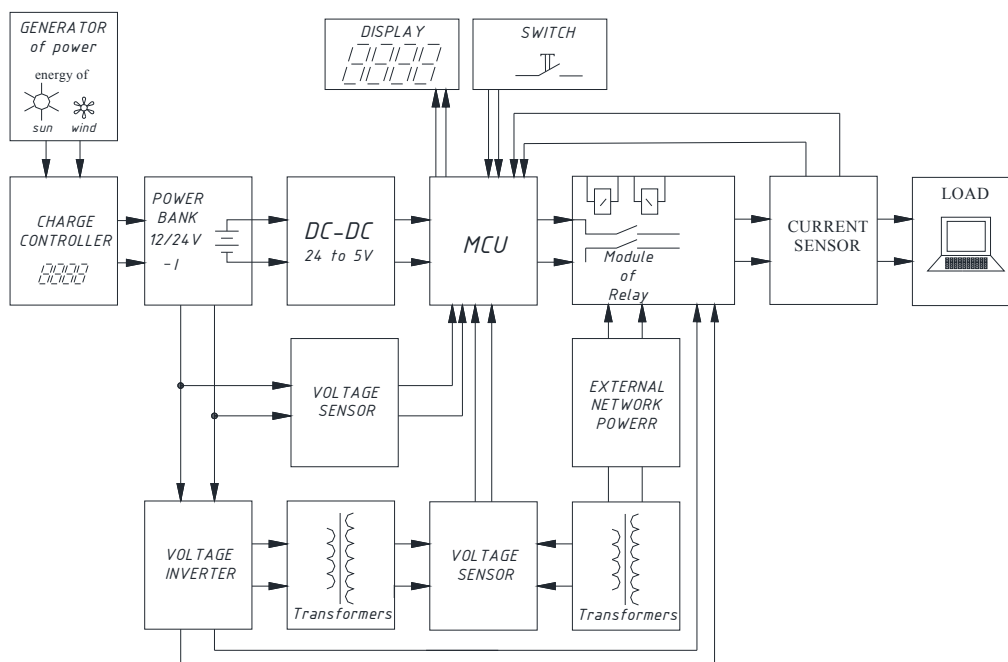


Рис. 1. Структурна схема включення автоматичного перемикача

Розглянемо принцип дії системи автоматичного перемикача джерела живлення, що включає в себе програмовану систему керування на базі мікропроцесора та модуль реле, котрий забезпечує переключення споживача із загальної мережі живлення на альтернативну та навпаки.

Джерело альтернативної енергії включає в себе власне генератор (GENERATOR) (рис.1), контролер заряду АКБ (SHARGE CONTROLLER), АКБ (POWER BANK) та інвертор напруги (VOLTAGE INVERTER), що перетворює постійний струм напругою 12 (24) В генератора або акумуляторів в змінний струм напругою 220В. Потужність альтернативного живлення залежить від потужності генератора, ємності АКБ та відповідної їм потужності інвертора. Трансформований струм подається на модуль реле, до якого також підключена громадська мережа.

Роботу модуля реле контролює та задає мікропроцесор MCU. Налаштування параметрів спрацювання системи автоматичного перемикача джерела живлення відбувається за допомогою тактових кнопок SWITCH, а контролювання параметрів, що задаються користувачем, здійснюється на панелі індикаторів DISPLAY.

Згідно з технічними вимогами необхідно забезпечити контроль параметрів напруги альтернативної та загальної мереж, а також загальної потужності споживання. З метою запобігання виходу з ладу системи керування, а також забезпечення гальванічної розв'язки між аналоговою силовою та цифровою частиною в коло вимірювання напруги встановлено трансформатор напруги, після якого відбувається вимірювання зниженого рівня напруги за допомогою датчика VOLTAGE SENSOR. З метою контролю потужності навантаження в коло споживачів введено датчик струму, сигнал якого поступає на аналого-цифровий перетворювач мікропроцесорного пристрою MCU. Отримавши добуток значень напруги та струму, система контролює потужність споживача. Живлення мікропроцесора відбувається від АКБ альтернативної системи живлення через перетворювач напруги DC-DC.

Наступними етапами проектування автоматичного перемикача джерела живлення були: розробка електричної схеми контролю та керування та схеми підключення до блоку реле та мереж живлення, розробка топології плати.

Схема керування блоком реле передбачає підключення різних комутуючих пристроїв в залежності від потужності споживання. Це може бути електромагнітне реле, твердотільне реле в моноблоці або симісторний ключ з оптичною розв'язкою від мікроконтролера, а також силовий контактор. Фрагмент схеми, що включає в себе електромагнітне реле в якості пристрою комутації мережі та споживача загальною потужністю до 5 кВт наведено на рис. 2.

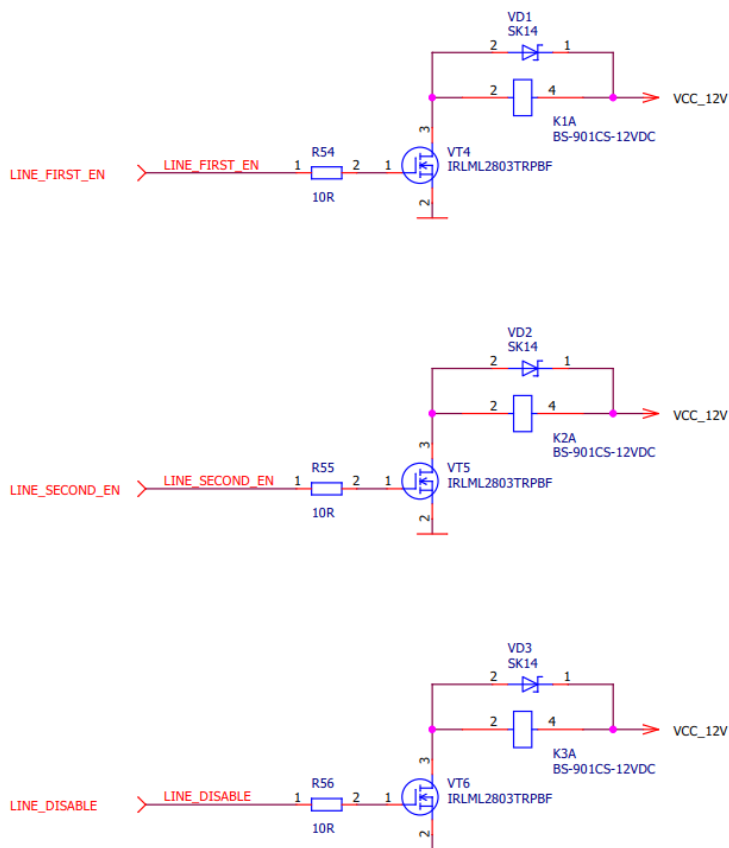


Рис. 2. Схема керування блоком реле системи автоматичного перемикача джерела живлення

При подачі сигналу керування з боку мікроконтролера по лініях `LINE_FIRST_EN`, `LINE_SECOND_EN` та `LINE_DISABLE` відбувається відкриття або закриття транзистора VT4, VT5 та VT6. При відкритті транзистора VT4, в колі живлення електромагнітного реле струм протікає через котушку K1A, що спричиняє комутацію силових контактів реле та включення споживача на одну з мереж. При перемиканні на іншу мережу необхідно на транзистор VT4 подати інверсний сигнал – низький логічний рівень, а на транзистор VT5 високий. Керуючий сигнал на лінії `LINE_DISABLE` змінюється з високого логічного рівня на низький одночасно із сигналом на лінії `LINE_FIRST_EN`. Такий тризонний спосіб комутації навантаження забезпечує захист від можливого замикання при «невірному» підключенні фази та нейтралі з боку альтернативної та загальної мереж на пристрій автоматичного перемикача джерела живлення.

Для керування та здійснення налаштувань пристроєм на платі передбачено три контактні кнопки та три-розрядний семи-сегментний індикатор (рис.3). П'ять режимних світло-діодів здійснюють індикацію робочого режиму, аварій, та активної вхідної мережі, один зелений світло-діод здійснює індикацію наявності напруги живлення на платі. Призначення кожного з світло-діодів наступне: верхній червоний світло-діод здійснює індикацію активної вхідної напруги від інвертора; нижній червоний світло-діод здійснює індикацію активної вхідної напруги від мережі; верхній жовтий світло-діод здійснює індикацію

активної роботи пристрою; нижній жовтий світло-діод здійснює індикацію режиму налаштування пристрою; зелений, як вже згадувалося, – індикація напруги живлення; останній RG світло-діод здійснює індикацію стану заряду акумулятора, відповідно коли світить зелений – нормальний заряд, жовтий – середній, червоний – низький.

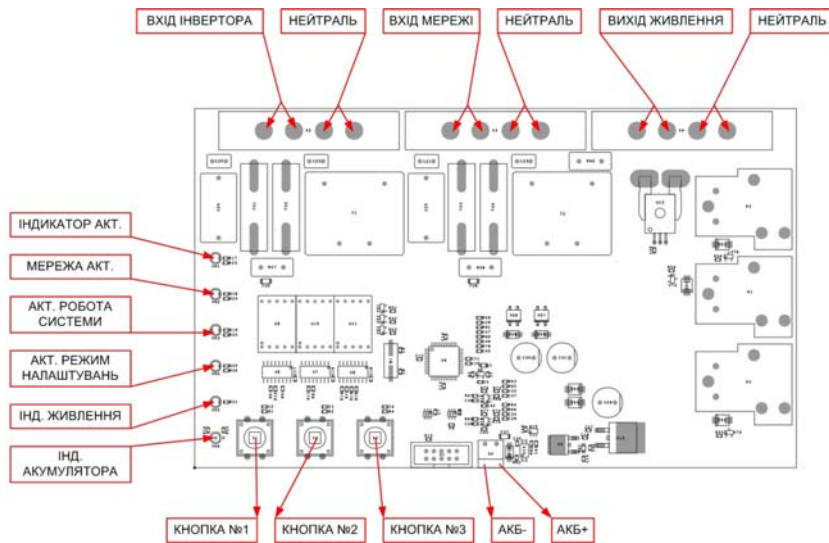


Рис. 3. Розміщення елементів керування на платі автоматичного перемикача джерела живлення

Згідно сформульованих вимог до конструкції автоматичного перемикача джерела живлення необхідно забезпечити автоматичне перемикання між джерелами за певних параметрів. З цією метою було розроблено програмне забезпечення для мікроконтролера яке узгоджує роботу всіх елементів системи автоматичного перемикача джерела живлення.

В результаті виконання комплексу робіт було виготовлено пристрій автоматичного перемикача джерела живлення. Робота пристрою була перевірена у складі стенду альтернативної системи енергопостачання, що функціонує на кафедрі машин та апаратів Хмельницького національного університету (рис. 4).

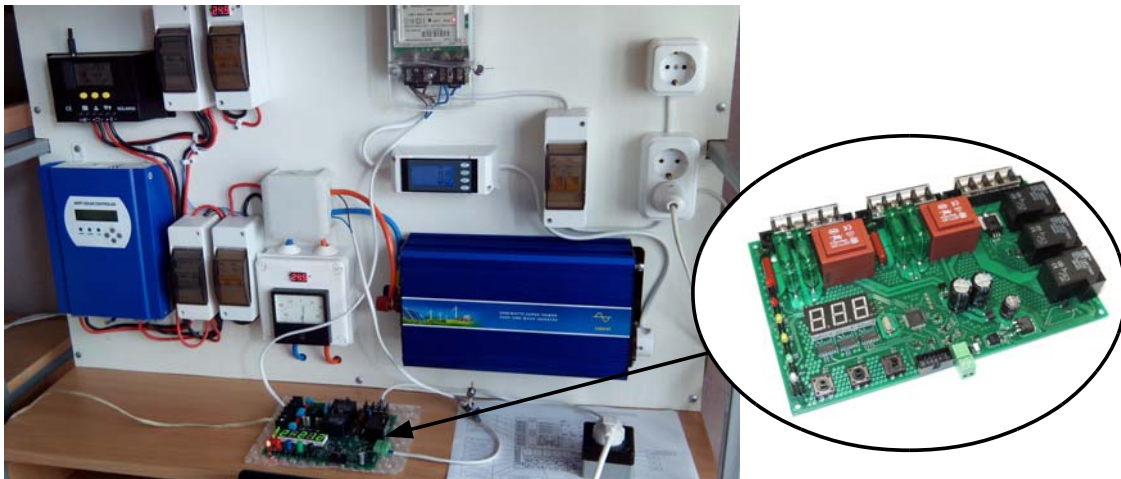


Рис. 4. Стенд альтернативної системи енергопостачання з автоматичним перемикачем джерела живлення

Даний стенд включає: вітровий генератор потужністю 300 Вт, сонячні панелі потужністю 700 Вт, універсальний контролер, інвертор загальною потужністю 1500 Вт та АКБ. За допомогою автоматичного перемикача джерела живлення альтернативна система енергопостачання була підключена до громадської мережі. Тестування запропонованої системи виконувались при різних режимах навантаження.

В результаті експериментального тестування встановлено відповідність режимів роботи запропонованого автоматичного перемикача джерела живлення технічним вимогам та підтверджено його працездатність.

### Висновки

В результаті аналізу роботи альтернативних електростанцій, що передбачають використання кількох різномірних джерел електричної енергії, було прийнято рішення про необхідність розробки конструкції автоматичного перемикача джерела живлення.

Враховуючи технічні вимоги до конструкції автоматичного перемикача джерела живлення,

розроблено його структурну схему. Для даної конструкції розроблено електричну схему контролю та керування та схему підключення до блоку реле та мереж живлення, виконано розробку топології плати. Для забезпечення узгодженої роботи всіх елементів системи автоматичного перемикача джерела живлення розроблено програмне забезпечення мікроконтролера. Надійність та безперебійність електропостачання за допомогою запропонованого пристрою підтверджена його роботою у складі стенду альтернативної системи енергопостачання кафедри машин та апаратів Хмельницького національного університету.

### Література

1. Неисчерпаемая энергия. Кн. 1. Ветрогенераторы / В. С. Кривцов, А. М. Олейников, А. И. Яковлев. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 400 с.
2. Неисчерпаемая энергия. Кн. 2. Ветроэнергетика / В. С. Кривцов, А. М. Олейников, А. И. Яковлев. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2004. – 519 с.
3. Неисчерпаемая энергия. Кн. 3. Альтернативная энергетика / В. С. Кривцов, А. М. Олейников, А. И. Яковлев. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2007. – 643 с.
4. Кубкін М. В. Імітаційна модель комбінованої електроенергетичної системи з відновлюваними джерелами енергії / М. В. Кубкін, В. П. Солдатенко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». – Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2012. – Випуск 25, част. II. – С. 192–202.
5. Як працює вітрогенератор і комплектуючі до вітряків? [Електронний ресурс] : за матеріалами компанії НВП «ЕКО-СТ». – Режим доступу : [http://ecost.lviv.ua/ua/pr\\_work.html](http://ecost.lviv.ua/ua/pr_work.html)
6. Бровка Н. Системы контроля литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторных батарей [Електронний ресурс] // Компоненты и технологии. – 2006. – № 10. – Режим доступу : [http://kit-e.ru/assets/files/pdf/2006\\_10\\_104.pdf](http://kit-e.ru/assets/files/pdf/2006_10_104.pdf).
7. Козюков Д.А. Контроллеры заряда-разряда аккумуляторных батарей солнечных фотоэлектрических установок / Д.А. Козюков, Б.К. Цыганков // Инновационная наука. – 2015. – № 8-2 (8). – С. 41–44.
8. Калашник В.И. Регулятор заряда аккумуляторных батарей от солнечных панелей / В.И. Калашник, К.Р. Казаров, В.А. Черников // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – № 1. – С. 20–22.
9. Автоматичне включення – резерв [Електронний ресурс] // Технічна енциклопедія E-Tech. – Режим доступу : <http://e-tech.pp.ua/200050-avtomatichne-vklyuchennya-rezerv.html>
10. Автоматичне введення резерву [Електронний ресурс] : за матеріалами компанії «Електроцит Комплект». – Режим доступу : [http://www.akinshin.com.ua/products\\_05.php/](http://www.akinshin.com.ua/products_05.php/)
11. Прибега Д.В. Інтелектуальний контролер розподілення мережі / Д.В. Прибега // Технічна творчість : збірник наукових праць. – Хмельницький : ХНУ, 2016. – № 1. – С. 205–208.

Рецензія/Peer review : 7.3.2017 р. Надрукована/Printed : 19.4.2017 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Полікарбовських О.І.

---

За зміст повідомлень редакція відповідальності не несе

## Повні вимоги до оформлення рукопису <http://vestnik.ho.com.ua/rules/>

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,  
протокол протокол № 11 від 30.03.2017 р.

Підп. до друку 14.04.2017 р. Ум.друк.арк. 19,63 Обл.-вид.арк. 25,53

Формат 30x42/4, папір офсетний. Друк різнографією.

Наклад 100, зам. № \_\_\_\_\_

---

Тиражування здійснено з оригінал-макету, виготовленого редакцією журналу “Вісник Хмельницького національного університету” редакційно-видавничим центром Хмельницького національного університету 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1. тел (0382) 72-83-63